Ueber die Anwendung

der

Leuchtgassauerstoffflamme

zu

spectralanalytischen Mineraluntersuchungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der hohen philosophischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt

von

Otto Vogel

aus Dobrilugk.

Kirchhain N.-L.
G. Zahn & H. Baendel.
1893.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543921_0152

Seinen

lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

vom

Verfasser.

Curriculum vitae.

Natus sum Otto Carolus Vogel in urbe Dobrilugk a. d. XVII. Kal. Jul. anni MDCCCLXIX patre Adolpho et matre Herminia e gente Werner quos deus benignus adhuc mihi servavit

Fidei addictus sum evangelicae.

Inter cives polytechnici Berolinensis receptus artis chemiae studio per quinque semestria me dedi. Deinde civibus universitatis Berolinensis adscriptus studia mea continui.

Viros audivi clarissimos:

von Bezold, Dames, Grunmach, Hartmann, Hirschwald, Jaekel, Klein, von Knorre, Libermann, Lürssen, Paalzow, Rüdorff, Vogel, Witt.

Quibus omnibus praeceptoribus gratias ago puam maximas, tum praecipue H. W. Vogel qui in experimentis photochemicis summa liberalitate atque humanitate me adiuvit.

Über die Anwendung der Leuchtgassauerstoffflamme zu spectralanalytischen Mineraluntersuchungen.

Für die Untersuchung von Mineralien, wobei man den systematischen Gang der qualitativen Analyse in der Regel bedeutend abzukürzen pflegt, spielt das Löthrohr zur Erzeugung von Flammenfärbungen eine wichtige Rolle. Dieses Hilfsmittel lässt uns jedoch bei gleichzeitigem Vorkommen von nur wenigen flammenfärbenden Substanzen, wie Natrium, Kalium, Lithium, Calcium, Strontium, sehr bald im Stiche.

Die Anwendung des Spectroskopes zur Analysierung der gefärbten Flammen hielt sich bei der Mineraluntersuchung immer nur in sehr beschränkten Grenzen. Der Grund liegt wohl in erster Linie darin, dass man bei einer grossen Mehrzahl der Mineralien erst nach vielen umständlichen Operationen ein Spectrum der darin enthaltenen Elemente beobachten konnte.

Bunsen und Kirchhoff,[1]) denen wir die Einführung der Spectralanalyse in die Wissenschaft verdanken, suchten die spectralanalytische Methode bereits zur Untersuchung von Mineralien nutzbar zu machen.

Mit bewunderungswürdiger Schärfe haben diese beiden Forscher unter anderen schon die weite Verbreitung des Lithiums nicht nur in den Mineralien, sondern auch in Pflanzen, welche beispielsweise auf lithiumhaltigen Granit-

[1]) Pogg. Ann. Bd. 110 (1860) p. 161.

boden wachsen, und sogar in der Milch der Tiere, die sich von denselben genährt haben, nachgewiesen.

Bunsen und Kirchhoff stellten ihre Beobachtungen lediglich in der Flamme des Bunsen'schen Brenners an und konnten daher, weil nur die Spectren weniger leicht flüchtiger Elemente ohne weiteres in der Bunsenflamme sichtbar werden, die immerhin zeitraubende Aufschliessung der Mineralien nicht umgehen.

Unter den erwähnten Umständen dürfte eine Methode der spectralanalytischen Untersuchung, die eine leichte Aufschliessung der Mineralien, ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel, wie Natriumcarbonat und Fluorammonium, in sich schliesst, nicht ohne Interesse sein.

Ganz abgesehen von der leichteren Ausführbarkeit, gewährt die angewandte Untersuchungsmethode den grossen Vorteil, dafs ein Hinzukommen fremder Substanzen durch Benutzung unreiner Reagentien vollständig ausgeschlossen ist.

Diese Methode besteht nun in der Verwertung einer Flamme als Wärmequelle, die heiss genug ist, um fast alle Mineralien mit Leichtigkeit zu schmelzen und zu dissociieren; und zwar ist das die Knallgasflamme in ihrer einfachsten Form als Leuchtgassauerstoffflamme.

Die erste Anwendung der Knallgasflamme und des Leuchtgassauerstoffgebläses zu spectralanalytischen Beobachtungen wurde von Alexander Mitscherlich gemacht.[1]) Er bediente sich dieser Methode neben den verschiedenen anderen, um Spectren von Metallen und deren Verbindungen zu erzeugen. Über die Art der Beobachtung selbst giebt Mitscherlich in seiner Abhandlung nichts näheres an.

Lecoq de Boisbaudran, der für die praktische An-

[1]) Pogg. Ann. Bd. 121 p. 461.

wendung der Spectralanalyse sehr wertvolle Beobachtungen machte, hat die Knallgas- und Leuchtgassauerstoffflamme nicht zu seinen Untersuchungen benutzt.

Auch H. W. Vogel hat nur wenige Spectren in dieser Flamme beobachtet.[1])

Wie aus dem Angeführten hervorgeht, ist bis jetzt der Leuchtgassauerstoffflamme als Wärmequelle für Spectralbeobachtungen nur geringe Beachtung geschenkt worden. Deshalb habe ich mich veranlasst gefühlt, den Wert dieser Flamme für die Spectralanalyse im allgemeinen und ins besondere ihre Brauchbarkeit für die Untersuchung von Mineralien genauer zu studieren. Bevor ich aber zu der eigentlichen Anwendung der Spectralanalyse auf die Mineraluntersuchung übergehe, will ich zunächst einige allgemeine Betrachtungen über die mittelst der Knallgas- und der Leuchtgassauerstoffflamme erzeugten Spectren vorausschicken.

Die mannigfaltigsten Wärmequellen können dazu dienen, den für spectralanalytische Beobachtungen erforderlichen leuchtenden Dampf des betreffenden Stoffes zu erzeugen. Ausser der am häufigsten benutzten Bunsenflamme sind es der Leuchtgasverflüchtiger,[2]) die Wasserstoffflamme, der elektrische Flammenbogen und besonders der elektrische Induktionsfunke, die zu gedachtem Zwecke Anwendung finden.

Je nach der Temperatur der benutzten Wärmequelle weichen die Spectren ausserordentlich von einander ab.

Für die mittelst der Leuchtgassauerstoffflamme erhaltenen Spectren ist es in erster Linie bemerkenswert, dass sie beiweiten glänzender und schöner sind, als die in der Bunsenflamme erzeugten, und dass sie infolgedessen auch wesentlich leichter zu beobachten sind.

---

[1]) H. W. Vogel „Praktische Spektalanalyse irdischer Stoffe“ p. 193.

[2]) Siehe: H. W. Vogel „Praktische Spectralanalyse“ p. 230.

Als das schönste von allen Spectren wegen seiner Farbenpracht und der Schärfe der Linien erwähnt Mitscherlich in seiner oben angeführten Abhandlung[1]) das Manganspectrum (vergl. Tafel II No. 2). Nach meinen Beobachtungen steht das Spectrum der Borsäure (vergl. Tafel II No. 4) und das des Kupferchlorids (vergl. Tafel II No. 11) dem Manganspectrum an Glanz sehr wenig nach. Am bandenreichsten von allen Spectren fand ich das Bleispectrum (vergl. Tafel II No. 7).

Es ist eine bekannte Erscheinung, dass mit Erhöhung der Temperatur die Linien niederer Brechbarkeit an Leuchtkraft verlieren, die Linien höherer Brechbarkeit aber an Leuchtkraft gewinnen. Dieser Satz wird am deutlichsten bestätigt befunden beim Vergleich der in der Bunsenflamme und im elektrischen Funken erzeugten Spectren.

Also findet nicht, wie man annehmen sollte, bei einer Zunahme der Temperatur eine gleichmässige Steigerung der relativen Intensität der einzelnen Linien und Banden statt, sondern es nimmt nur die Anzahl und Leuchtkraft der Linien im blauen Teil des Spectrums bei erhöhter Temperatur zu, während sie im roten Teil abnimmt.

Benutzt man zur Verdampfung der Stoffe das Leuchtgassauerstoffgebläse, so findet man, dass bei den meisten Spectren die Linien und Banden im blauen Teile viel weiter nach Violett reichen und bedeutend heller sind, als bei Anwendung der Bunsenflamme. Weniger auffallend ist hingegen bei ersteren Spectren die Abnahme an Leuchtkraft im roten Teil des Spectrums.

Besonders scharf markiert sich der Charakter der Knallgas- und Leuchtgassauerstoffspectren als in der

[1]) Pogg. Ann. Bd. 121 (1864) p. 461.

Mitte zwischen den Spectren der Bunsenflamme und denen des elektrischen Funkens stehend bei Kalium, Natrium und Lithium.

In der Anzahl der Linien sind die Knallgasspectren den Funkenspectren nahezu gleich, dagegen stimmen sie in der Helligkeitsabstufung mehr mit denen des Bunsenbrenners überein.

So ist beispielsweise die rote Kaliumlinie sowohl in der Bunsenflamme als auch im Leuchtgassauerstoffgebläse die Hauptlinie; im Funkenspectrum wird eine in den beiden erwähnten Flammen untergeordnet auftretende Linie zur Hauptlinie.

Ähnlich verhält sich Lithium; hier ist die gelbe Linie bei Anwendung des Bunsenbrenners nur schwach sichtbar, in der Leuchtgassauerstoffflamme steht sie der roten Lithiumlinie an Helligkeit nicht viel nach, im Funkenspectrum endlich wird die gelbe Linie zur Hauptlinie und die rote verliert an Helligkeit (vergl. Tafel I No. 5. 6. 7.)[1]) Weiter treten bei Natrium und Kalium im Leuchtgassauerstoffspectrum die continuierlichen Spectren ebenso auf, wie in der Bunsenflamme, während sie bei den Funkenspectren dieser Elemente vollständig fehlen. Rubidium und Cäsium geben im Leuchtgassauerstoffgebläs sehr linienreiche Spectren, die im wesentlichen mit den in der Bunsenflamme erzeugten übereinstimmen; von Wichtigkeit für die Erkennung sind allein die blauen und violetten Hauptlinien.

Die Spectren der Alkalimetalle Natrium, Kalium und Lithium bieten, wie ich im Laufe meiner Untersuchungen

[1]) In den Zeichnungen ist die Helligkeit der Linien durch die Höhe derselben angedeutet, im Vergleich zur Natriumlinie, welche als hellste angenommen ist.

gefunden habe, höchst wichtige Anhaltspunkte für die quantitative Bestimmung dieser Elemente.

Ist nur wenig Natrium in einem Mineral gegenwärtig, so erscheint im Spectrum nur die charakteristische gelbe Linie; wird der Natriumgehalt grösser, so kommen dazu noch nacheinander die zweite gelbe, die grüne und zuletzt die rote Linie. Bei Kalium und Lithium ist dieses Auftreten der verschiedenen Linien nach einander noch auffallender. Lithium zeigt, wenn nur Spuren davon gegenwärtig sind, die rote Linie, so bei Feuerstein und ähnlichen Gesteinen, bei einem etwas grösseren Lithiumgehalt kommt noch die gelbe Linie hinzu, z. B. bei verschiedenen lithiumreichen Glimmern; ist schliesslich der Gehalt an Lithium sehr beträchtlich, wie bei Lepidolith, Triphylin und Spodumen, so sind alle 4 Linien, nämlich λ 670,6, λ 610,2, λ 497 und λ 460,4, sichtbar.

Man darf jedoch bei der Beurteilung der relativen Mengenverhältnisse der erwähnten Stoffe nicht unberücksichtigt lassen, dass die Empfindlichkeit der Lithiumreaktion nur $^1/_{27}$ derjenigen der Natriumreaktion beträgt und, dass die Kaliumreaktion etwa 100 mal weniger empfindlich ist, als die Lithiumreaktion.

Die Spectren der Erdalkalien sind im Leuchtgassauerstoffgebläse den in der Bunsenflamme erzeugten sehr ähnlich.

Das Calciumspectrum (vergl. Tafel I No. 8. 9) zeichnet sich durch das äusserst scharfe Auftreten der blauen Linie aus, die in der Bunsenflamme nur sichtbar wird, wenn man die Skala des Apparates nicht beleuchtet und den blauen Teil des Spectrums in die Mitte des Gesichtsfeldes bringt. Im Leuchtgassauerstoffgebläse ist diese

Linie schon bei sehr geringen Mengen von Calcium mit grösster Schärfe erkennbar.

Strontium (vergl. Tafel I No. 10. 11) zeigt in der Gebläseflamme ausser den bekannten Linien, die bei Anwendung der Bunsenflamme sichtbar sind, noch schwach 3 Linien im Grün λ 494,5, λ 486,5 und λ 478,4.

Das Baryumspectrum (vergl. Tafel I No. 12. 13) hat im Leuchtgassauerstoffgebläse noch den ausgesprochenen Charakter eines Bandenspectrums und ist insofern dem Flammenspectrum ähnlich, nur tritt die grüne Linie λ 554 viel schärfer hervor. Selbst sehr geringe Mengen von Baryum kennzeichnen sich durch die erwähnte Linie sofort.

Das Spectrum des Mangans (vergl. Tafel II No. 1. 2) zeichnet sich, wie anfangs schon erwähnt wurde, in der Gebläseflamme durch seinen ausserordentlichen Linienreichtum vor den übrigen Spectren aus. Die 6 Liniengruppen stimmen mit den in der Bunsenflamme erhaltenen Banden überein. Am hellsten sind die Linien an der nach Violett liegenden Seite; so entstehen die charakteristischen von Rot nach Blau heller werdenden Liniengruppen des Manganspectrums. Im übrigen zeigt sich auch bei diesem Spectrum in der Gebläseflamme der blaue Teil viel weiter ausgedehnt. Die violette Manganlinie λ 404, die in der Bunsenflamme und im elektrischen Funken kaum sichtbar ist, kommt in der Gebläseflamme mit grosser Deutlichkeit und Schärfe zur Geltung.

Das Spectrum der Borsäure (vergl. Tafel II No. 3. 4), das an den nach beiden Seiten gleichmässig abschattierten Banden leicht von dem Baryum- und dem Manganspectrum zu unterscheiden ist, übertrifft in der Gebläseflamme ebenfalls das Bunsenflammenspectrum durch

einen grösseren Bandenreichtum in seinem stärker gebrochenen Teile.

Bei Untersuchungen, die ich mit Schwermetallen und deren Salzen anstellte, fand ich, dass viele davon in der Gebläseflamme Linien zeigen, die in der Bunsenflamme nicht auftreten und nur im Funkenspectrum sichtbar sind. Dieser Umstand trägt für die leichte Erkennung von Schwermetallen, besonders in Erzen, ausserordentlich viel bei.

Das bandenreiche Spectrum der Bleiverbindungen zeigt eine scharfe blaue Linie λ 406 (vergl. Tafel II No. 7). Die Banden dieses Spectrums sind nach der roten Seite hin abschattiert, während sie sich nach der blauen Seite scharf begrenzt zeigen.

Nach Lecoq de Boisbaudran[1]) sind die Banden des Bleioxyds in der Flamme alle nach der roten Spectralseite scharf begrenzt.

Wismuth giebt eine blaue Linie λ 452 (vergl. Tafel II No. 6) und Kupfer eine grüne λ 510 (vergl. Tafel II No. 10. 11).

Die erwähnten Linien gehören sämtlich den Metallspectren an und treten schon bei sehr geringen Mengen dieser Elemente auf. Ich erhielt die Spectren mit den charakteristischen Linien schon beim blossen Einbringen der Metalle in die Gebläseflamme. Doch bekommt man hier nicht, wie bei Anwendung des elektrischen Funkeninduktors und Metallelektroden, die reinen Metallspectren, sondern die der Metalloxyde.

Die Spectren der Metalle sind fast ausnahmslos reine Linienspectren, dagegen sind die Oxydspectren Bandenspectren, was bei den bandenreichen Spectren, die man

[1]) Spectres Lumineux p. 149.

durch Einbringen von Blei, Antimon und Zinn in die Gebläseflamme erhält, deutlich zu beobachten ist.

Die in der Gebläseflamme so charakteristische grüne Linie des Kupferspectrums ist in der Bunsenflamme überhaupt nicht sichtbar. Im Funkenspectrum des Kupfers findet sich die betreffende Linie als die von Lecoq de Boisbaudran mit α_2 bezeichnete Hauptlinie. Merkwürdigerweise tritt die andere Hauptlinie des Funkenspectrums α_1, die dicht daneben liegt, in der Leuchtgassauerstoffflamme nicht auf.

Kupferoxyd (vergl. Tafel II No. 10) giebt ausser dieser Linie nur noch 2 schwache verschwommene Linien im Rot, während Kupferchlorid (vergl. Tafel II No. 11) neben diesen Linien noch 4 prachtvolle Streifen im Indigo bis nach Violett reichend und ein continuierliches Spectrum im Grün zeigt, worin man nur schwierig einzelne Linien unterscheiden kann. Es ist somit in der Leuchtgassauerstoffflamme ein einfaches Mittel gegeben, um ein reines Kupferoxydspectrum zu erzeugen. Gleichzeitig stellt sich durch Vergleich des Kupferoxydspectrums mit dem Kupferchloridspectrum heraus, dass nur die Banden im Indigo und Violett dem Chloridspectrum resp. dem Salzsäurespectrum zuzuschreiben sind.

Metallisches Wismuth gab in die Gebläseflamme gebracht ausser der Wismuthlinie λ 452 noch eine Linie im Grün λ 535, die nur von einem Gehalt an Thallium herrühren kann.[1]) Dieselbe Thalliumlinie erhielt ich auch durch Verbrennen von metallischen Cadmium in der Gebläseflamme.

Thalliumsalze zeigten in dieser Flamme nur die eine bekannte grüne Linie.

[1]) Mitscherlich. Pogg. Ann. Bd. 121 p 460.

Eine Legierung von Blei und Wismuth gab das Bleispectrum höchst glänzend und liess auch die Wismuthlinie λ 452 deutlich auf den Bleibanden hervortreten.

Das Spectrum des Zinnoxyds (vergl. Tafel II No. 9) ist in der Gebläseflamme sehr bandenreich aber wenig charakteristisch, da die Banden meist mit denen des Bleis zusammenfallen; überdies ist das Zinnspectrum bei weitem schwächer als das Bleispectrum.

Magnesiumverbindungen geben im Leuchtgassauerstoffgebläse nur ein schwaches Spectrum, das dennoch für die Erkennung, wenigstens der leichter flüchtigen Verbindungen, nicht ohne Bedeutung ist.

Magnesiumchlorid und Stassfurter Carnallit zeigten die nach blau abschattierte Bande im Grün sehr gut; die grüne Hauptlinie des Funkenspectrums erschien weniger hell. Ein äusserst glänzendes Spectrum gab Magnesiumband beim Verbrennen in der Gebläseflamme (vergl. Tafel II No. 5).

Auch bei diesem Spectrum ist die aus 6 einzelnen Linien bestehende Bande, die Lecoq de Boisbaudran im Funkenspectrum mit γ bezeichnet hat, die hellste. Weniger hervorragend zeigte sich die Doppellinie λ 517 und λ 518 α Lecoy. Für die praktische Erkennung von Magnesium bietet uns die Absorptionsspectralanalyse ein ausgezeichnetes Mittel dar, das den Methoden der Emissionsanalyse bei weitem vorzuziehen ist.

Ebenso verhält es sich mit Aluminium, das weder im elektrischen Funken noch im Knallgas zur leichten Entdeckung geeignete Linien giebt, mittelst der Absorptionsanalyse sich dagegen mit grosser Schärfe nachweisen lässt.

Nachdem ich das allgemeine Verhalten der wichtigeren Elemente in der Gebläseflamme im vorhergehenden näher

betrachtet habe, will ich nun die Methode und die Ausführung meiner Untersuchungen selbst etwas eingehender beschreiben.

Meine Beobachtungen wurden sämtlich mit einem von Schmidt & Haensch in Berlin angefertigtem Spectroskop mit einfachem Prisma ausgeführt.

Die Skala meines Apparates war so eingestellt, dass die Natriumlinie (Sonnenlinie D) auf Teilstrich 100 fiel. Die Lage der übrigen Sonnenlinien ist aus der beifolgenden Tabelle ersichtlich.

Die Materialien, welche ich zur Einführung der Substanzen benutzte, sowie die angewendeten Flammen prüfte ich vor dem Gebrauche sorgfältig auf ihre Fähigkeit, für sich allein ein Spectrum zu liefern.

Zur Erzeugung der Leuchtgassauerstoffflamme benutzte ich den von Linnemann konstruierten Brenner. Dieser besteht im wesentlichen aus einem weiten äusseren Rohr, in welches das Leuchtgas eintritt, und einem sehr engen inneren Rohr, in welches der Sauerstoff geleitet wird. An der Ausströmungsöffnung mischen sich beide Gase und bilden gemeinschaftlich verbrennend die Leuchtgassauerstoffflamme.

Es ist bei den Untersuchungen mit dieser Flamme erforderlich, dass die Zuströmung des Sauerstoffs durch die an dem Brenner befindlichen Schrauben richtig reguliert wird. Der Brenner muss so eingestellt sein, dass die Flamme ungefähr 1 cm. über der Ausströmungsöffnung eine Einschnürung zeigt. Diese Stelle ist am heissesten und wirkt zugleich am stärksten reducierend: der äussere Teil der Flamme wirkt oxydierend.

Sobald die Zuströmung des Sauerstoffs zu gering ist, zeigt sich das bekannte äusserst glänzende Kohlenstoffspectrum (vergl. Tafel II No. 12), welches man auch

erhält, allerdings bei weitem nicht so schön und glänzend, wenn man den Spectralapparat auf den blauen Innenkegel der Bunsenflamme richtet.

Zur Vermeidung von Verwechslungen ist das Auftreten der Linien und Banden des Kohlenstoffspectrums wohl zu berücksichtigen.

Der für die Gebläseflamme benutzte Sauerstoff wurde in comprimierter Form aus der Sauerstofffabrik von Dr. Elkan in Berlin bezogen.

Eine bequem zu regulierende Ausströmung des Sauerstoffs ist durch Anbringung eines Druckreducierventils an dem Cylinder[1]) erzielt. Das Ventil kann nach jeder einzelnen Untersuchung mit Leichtigkeit sofort geschlossen werden, so dass der Verbrauch an Sauerstoff nur sehr gering ist.

Eine der grössten Unbequemlichkeiten bei der Beobachtung mittelst des Leuchtgassauerstoffgebläses war bisher, wie auch H. W. Vogel[2]) angiebt, das schnelle Abschmelzen der zur Einführung der Substanzen benutzten Platindrähte.

Ich habe diesen Übelstand dadurch zu umgehen gesucht, dass ich an Stelle der zur Beobachtung in der Bunsenflamme gebräuchlichen Platindrähte, Kohlenstäbchen aus Retortenkohle von 2—3 mm Durchmesser anwandte.

Wenn auch die benutzten Kohlenstäbchen durchaus nicht rein waren, (sie enthielten Spuren von Calcium Kalium und Lithium, welche Stoffe selbst nach dem Auskochen mit Salzsäure nicht ganz zu entfernen waren), so konnten die Spectren dieser Elemente bei den Beobachtungen doch leicht eliminiert werden.

[1]) Das Gewicht des etwa 1 m langen Cylinders mit 1000 l Sauerstoff gefüllt beträgt 37 Pfd.

[2]) „Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe“ p 193.

In Fällen, wo das Calciumspectrum störend war oder wo ich besonders auf Lithium prüfen wollte, benutzte ich einen Stahldraht zur Einführung der Substanz in die Flamme. Bei Untersuchungen von Mineralien bediente ich mich einer Stahlpincette, womit ich kleine Splitter in die Flamme brachte.

Um einen systematischen Gang bei der spectralanalytischen Untersuchung innezuhalten, ist es ratsam, die zu untersuchenden Körper erst einer spectroskopischen Prüfung in der Bunsenflamme zu unterwerfen, zunächst für sich und dann mit Salzsäure befeuchtet.

Handelt es sich um leicht zersetzbare Mineralien, so verraten sich in der Bunsenflamme schon Natrium, Kalium, Lithium, Strontium, Calcium und Baryum. Alsdann geht man erst zur Probe in der Leuchtgassauerstoffflamme über, worin man natürlich die Spectren dieser Stoffe noch einmal erhält, dazu kommen aber noch die Körper, welche in der Bunsenflamme überhaupt kein Spectrum geben, wie Blei, Wismuth, Kupfer u. s. w. und die, welche nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind.

Der Untersuchung mittelst des Leuchtgassauerstoffgebläses würde sich die Prüfung mit dem Funkeninduktor anschliessen, um die Gegenwart von Zink und Cadmium, deren Salze im elektrischen Funken ausgezeichnete Spectren geben, nachzuweisen.

Bei dieser Prüfung würde sich gleichzeitig Magnesium durch seine charakteristischen grünen Linien kennzeichnen.

Ist die zu untersuchende Substanz stark kupferhaltig, so thut man gut, das Kupfer mit Rhodanammonium vor der Untersuchung im Funken als Kupferrhodanid auszufällen, denn das sehr glänzende Kupferspectrum hindert leicht die Erkennung der anderen Elemente. Zur Unter-

suchung der Substanzen im Induktionsfunken benutzte ich den von H. W. Vogel angegebenen Entlader[1]) und eine Tauchbatterie von 4 Chromsäureelementen.

Die Prüfung auf Magnesium und Aluminium würde endlich, wie schon erwähnt, mittelst der von Lepel und Uffelmann vorgeschlagenen Proben durch Absorptionsspectralanalyse anzustellen sein.

Für die Ausführung dieser Untersuchungen ist die hohe Temperatur der Leuchtgassauerstoffflamme von grossem Vorteil, da in derselben die meisten Mineralien zu einem Glase zusammenschmelzen.

Bekanntlich werden die Mineralien nach dem Schmelzen von Säuren ungleich leichter angegriffen, als ungeschmolzen.

Um das in der Gebläseflamme bereits aufgeschlossene Mineral noch aufzulösen, schlägt man die geschmolzene Probe ab und kocht sie nach dem Pulverisieren mit Salzsäure.

Die Erkennung des Magnesiums und Aluminiums beruht nun auf der Überführung dieser Körper in Verbindungen mit organischen Farbstoffen und Beobachtung der Absorptionsspectren. Hierzu ist am besten der rote Farbstoff der Alkannawurzel geeignet.

Zur Ausführung der Analyse stellt man zunächst eine Probeflüssigkeit her durch Übergiessen eines Spänchens Alkannawurzel mit einer Mischung von 5 Teilen Alkohol und 1 Teil Äther, dann verdünnt man die rote Flüssigkeit bis die 3 Absorptionsstreifen deutlich erkennbar sind, hierauf setzt man einen Tropfen Ammoniumkarbonatlösung 1 : 6 hinzu, wodurch die Lösung eine violette Farbe annimmt. Bei Zusatz einer Magnesiumverbindung wird die Mischung sofort tief blauviolett und es tritt ein

[1]) H. W. Vogel „praktische Spectralanalyse“ p. 96.

intensiver Absorptionsstreifen im Orange zwischen den Sonnenlinien d und D auf.

Zur Erkennung von Aluminium eignet sich von den zahlreichen Lacken, die Thonerde mit organischen Farbstoffen bildet, am besten der Lack des Blauholzfarbstoffes. Die wässrige Abkochung des Blauholzes, welche einen Absorptionsstreifen dicht bei der Sonnenlinie D giebt, wird auf Zusatz von Alaunlösung schön violett und der Streifen wächst bedeutend über die D Linie hinaus bis ziemlich an d im Orange.

Chrom ist bei der spectroskopischen Untersuchung der ursprünglichen Lösung an dem charakteristischen Absorptionsstreifen auf der D Linie leicht erkennbar. Ferner lassen sich durch Absorptionsanalyse Eisen, Nickel, Cobalt und Uran leicht neben einander auffinden.[1])

Bei Untersuchungen, die ich über das Verhalten des Rhodanammoniums zu den Metallverbindungen anstellte, fand ich, dass Wismuthsalze mit einem Überschuss von Rhodanammonium oder Rhodankalium eine sehr intensive Gelbfärbung zeigen, die von dem entstandenen Wismuthrhodanid herrührt. Die Reaktion ist äusserst empfindlich: nur ist es notwendig, das bei Zusatz von Wasser entstehende basische Salz des Wismuthnitrats durch ein paar Tropfen Salpetersäure zu lösen. Selbst in Gemischen tritt die Gelbfärbung immer höchst charakteristisch auf: bei Anwesenheit von Eisen ist diese Probe natürlich nicht anwendbar. Die gelbe Lösung zeigt im Spectroskope eine Auslöschung des Blau bis zur Sonnenlinie E.

Es mag noch darauf hingewiesen sein, dass es für spectralanalytische Beobachtungen zur leichten und be-

[1]) H. W. Vogel „praktische Spectralanalyse" p. 266.

quemen Bestimmung der Linien von grossem Vorteil ist, wenn man für den zu benutzenden Apparat eine Wellenlängenkurve herstellt, wie sie Lecoq de Boisbaudran in seinen „Spectres Lumineux“ p. 23 vorschlägt. Man trägt zu dem Zwecke auf Millimeterpapier als Abscissen die Skalenteile des Apparates und als Ordinaten die Wellenlängen auf. Dann bestimmt man möglichst viele scharfe Linien nach ihrer Lage im Apparate und markiert sie durch Punkte an den betreffenden Stellen des Millimeterpapiers. Verbindet man nun die einzelnen Punkte untereinander durch eine Linie, so stellt diese die gewünschte Kurve dar.

Zur Konstruktion einer solchen Kurve für den von mir benutzten Apparat habe ich die folgenden 30 Linien bestimmt:

Skalenteil.		Wellenlänge.	
Kα	64	768,0	Flamme
B (Sonne)	76,5	686,7	Sonne
Liα	79,8	670,6	Flamme
C (Sonne)	83	656,2	Sonne
Cdγ	85,5	643,8	Funke
Znβ	87,5	636,1	Funke
Liβ	94	610,1	Flamme
D (Sonne)	100	589,2	Sonne (Natriumlinie)
Cuγ	103,8	578,1	Funke
Cuδ	106,5	570,0	Funke
Agα	115	546,4	Funke
Tl	120	534,9	Flamme
E (Sonne)	123,5	527	Sonne
Agβ	126,5	520,8	Funke
b (Sonne)	128,5	517,7	Sonne
Cdα	132,5	508,5	Funke
F (Sonne)	145,3	486	Sonne

Znα	148	481,2	Funke
Cdβ	149	479,9	Funke
Znγ	154	472,1	Funke
Znδ	157	468,1	Funke
Srδ	162,5	460,7	Flamme
Csβ	163	459,7	Flamme
Csα	166	456	Flamme
Inα	170	451	Flamme
G (Sonne)	188,5	430,7	Sonne
Caδ	196,5	422,6	Flamme
Rbβ	198	421,6	Flamme
Rbα	199,2	420	Flamme
Kγ	218	404,4	Flamme

Nach einiger Übung lernt man jedoch den Charakter der einzelnen Spectren so genau kennen, dass man nicht nur an der Lage der Linien, sondern auch an ihrer Schärfe und Abschattierung sofort erkennt, welchen Elementen sie angehören, ohne dass man nötig hat, ihre Wellenlängen vorher zu bestimmen.

Ich will an dieser Stelle noch eine tabellarische Zusammenstellung derjenigen Elemente folgen lassen, welche mittelst der verschiedenen spectralanalytischen Untersuchungsmethoden leicht aufzufinden sind.

Vorzüglich zur Erkennung geeignet sind für:

Bunsenflamme.	Leuchtgassauerstoffgebläse.	
Natrium	Baryum	Mangan
Kalium	Borsäure	Blei
(Lithium)	Lithium	Kupfer
Strontium	Indium	Wismuth
Calcium	Thallium	(Antimon)
Baryum	Rubidium	(Zinn)
	Caesium	(Magnesium)

Funke.	Absorption.
Zink	Magnesium
Cadmium	Aluminium
Quecksilber	Eisen
Silber	Cobalt
(Magnesium)	Nickel
	Chrom
	Uran
	(Mangan)[1])

Es kommt allerdings viel darauf an, in welcher Form die Substanzen vorliegen. Bei leicht zu verflüchtigenden Salzen wird man in den meisten Fällen schon in der Bunsenflamme ein Spectrum erhalten, während beim Vorkommen derselben Elemente in Mineralien zur Beobachtung des Spectrums erst die Leuchtgassauerstoffflamme ausreicht.

Als Ergebnisse meiner Untersuchungen, die sich in der Hauptsache auf Prüfung von Mineralien mittelst des Leuchtgassauerstoffgebläses erstreckten, seien im folgenden die untersuchten Mineralien und die darin entdeckten Elemente angeführt.

Mit Ausnahme der Calciumsilikate, die nach dem Schmelzen erst mit Salzsäure befeuchtet werden mussten, gaben die Mineralien beim blossen Einbringen in die Gebläseflamme schon die entsprechenden Spectren.

Zunächst untersuchte ich Mineralien, deren Spectren man teils schon in der Bunsenflamme nach dem Befeuchten mit Salzsäure erhält.

Es zeigten in der Gebläseflamme Strontianit, Cölestin, Aragonit, Gyps, Witherit und Schwer-

[1]) in Form von Übermangansäure, die sich, wie ihre Salze, durch ein wohl charakterisiertes Absorptionsspectrum auszeichnet.

spath ohne Salzsäure sehr glänzende Spectren der in diesen Mineralien enthaltenen Elemente Strontium, Calcium und Baryum.

Calciumverbindungen, wie Kreide, Marmor und Gyps, ergaben fast immer einen geringen Strontiumgehalt, ebenso waren Strontiummineralien nie frei von Calcium.

Der Rüdersdorfer Kalk, sowohl der lockere Schaumkalk, als auch der blaue Wellenkalk zeigten keine Strontiumreaktion. Ich benutze ihn deshalb, um strontiumfreies Chlorcalcium für die Spectralreaktionen herzustellen. Das käufliche Chlorcalcium war stets strontiumhaltig. Auch Bunsen hat bereits in verschiedenen Kalken einen Strontiumgehalt spectralanalytisch erkannt. Der Rüdersdorfer Fasergyps zeigte die Strontiumreaktion ebenfalls nicht.

Corallen von Capri und Ceylon erwiesen sich bei der Einführung in die Leuchtgassauerstoffflamme als stark strontiumhaltig, ein gleiches Auftreten der Strontiumlinien neben denen des Calciums zeigten Austernschalen, Muscheln und die Gehäuse anderer im Wasser lebender Tiere. Die Lithiumlinie trat bei all diesen Körpern sehr deutlich auf.

Granat liess nach dem Schmelzen und Befeuchten mit Salzsäure Kalium, Calcium und Lithium erkennen.

Alaunstein zeigte die Kaliumlinien sofort.

Lithiumglimmer gab neben der roten Kaliumlinie die rote und gelbe Lithiumlinie. Von zwölf verschiedenen Glimmerarten, teils Kalium-, teils Magnesiumglimmer, zeigten fast alle einen Gehalt an Lithium. Hervorragend lithiumhaltig waren: Margarodit aus Dabrowa, Phlogopit aus Jefferson und Kali-Glimmer aus Falun. Fast lithiumfrei war der Glimmer von Aschaffenburg.

Lepidolith und Triphylin zeigten neben Lithium, Kalium und Calcium noch einen Gehalt an Rubidium und

Cäsium, der sich durch die blauen und violetten Linien offenbarte.

Pyrolusit und Psilomelan gaben nach dem Befeuchten mit Salzsäure das Manganspectrum sehr deutlich. Sieben Psilomelane von verschiedenen Fundorten, die ich untersuchte, erwiesen sich alle als mehr oder weniger lithiumhaltig.

Demnach ist das Vorkommen von Lithium bei den Psilomelanen, wie auch Laspeyres[1]) spectralanalytisch nachwies, ziemlich allgemein.

Barytpsilomelane waren besonders durch die grüne Baryumlinie λ 554 leicht zu erkennen.

Prüfungen von glimmerhaltigen Gesteinen aus Schlesien, die ich auf Veranlassung des Königl. Landesgeologen Dr. Dathe anstellte[2]), ergaben in Pegmatiten, Biotitgneissen, Zweiglimmergneissen und anderen Gesteinen aus der Umgebung von Salzbrunn ohne Vorarbeiten einen nach der Helligkeit der Linien leicht zu beurteilenden Lithiumgehalt. Durch diese in wenigen Minuten ausgeführten Untersuchungen konnte der Ursprung des bedeutenden Lithiumvorkommens in den kohlensäurehaltigen Salzbrunner Mineralwässern erklärt werden.

Nauheimer und Kreuznacher Mutterlaugen, die ich in der Gebläseflamme untersuchte, zeigten sofort die Rubidium- und Cäsiumlinien mit grosser Deutlichkeit neben den Linien der anderen darin enthaltenen Elemente.

Die Kreuznacher Mutterlauge enthielt noch Lithium, Natrium, Kalium, Calcium und Strontium, während sich die Nauheimer Mutterlauge als strontiumfrei erwies.

---

[1]) Jahrbuch der Mineralogie 1873 p. 164.

[2]) Dr. Dathe „Geologische Beschreibung der Umgebung von Salzbrunn". Abhandlung der Königl. Preuss. geolog. Landesanstalt p. 112. ff.

In der Bunsenflamme offenbart sich beim Einbringen der Mutterlauge der Cäsium- und Rubidiumgehalt nicht ohne weiteres, man muss vielmehr, wie es auch Bunsen gethan hat, als er das Cäsium und Rubidium in der Dürkheimer Mutterlauge entdeckte, zunächst die Erdalkalien abscheiden und dann aus den übrigbleibenden Alkalisalzen das Lithium entfernen; im Rückstande erkennt man dann erst das Cäsium und Rubidium. Der Lithiumgehalt ist in diesen Mutterlaugen sehr bedeutend.

Um auch hiesige Brunnenwasser auf Lithium zu untersuchen, wurden mehrere davon nach dem Eindampfen im Leuchtgassauerstoffgebläse geprüft. Die rote Lithiumlinie trat meist nur schwach auf, so dass nur auf Gegenwart von Spuren dieses Elementes geschlossen werden konnte.

Von der Berliner Solquelle, die aus einem 234 m tiefen Bohrloch quillt, dampfte ich 10 l ein und stellte insbesondere Untersuchungen auf Rubidium und Cäsium an; es war mir jedoch selbst in der Gebläseflamme nicht möglich, das Vorhandensein dieser Elemente nachzuweisen. Lithium machte sich mit Leichtigkeit kenntlich, ebenso war eine nicht unbedeutende Strontiumreaktion bemerkbar. Schon im Vorhergehenden wies ich darauf hin, dass besonders die kohlensäurehaltigen Quellen ausnahmsweise viel Lithium führen. Daraus geht hervor, dass an Kohlensäure reiche Wässer ein grösseres Lösungsvermögen für Lithium besitzen, als an Kohlensäure arme.

Eine auffallende Erscheinung ist es, dass in den Stassfurter Abraumsalzen Carnallit, Kainit, Kieserit, Polyhalit und Sylvin kein Lithium, das sonst gewöhnlich in Mineralien mit Kalium zusammen vorkommt, zu finden war.

Da doch in unseren heutigen Meeren schon von Bunsen Lithium in nicht unbedeutenden Mengen nachgewiesen ist[1]), so sollte man annehmen, dass auch in den Mutterlaugensalzen eines früheren Meeresbeckens, also in den Stassfurter Abraumsalzen, Lithium zu finden sein müsste.

Rubidium, Cäsium und Thallium, welche Stoffe in den Abraumsalzen spectralanalytisch nachgewiesen sind[2]), waren durch blosses Einbringen des rohen Materials in die Gebläseflamme nicht aufzufinden.

Nach neueren Untersuchungen von Feit und Kubierschky[3]) reichert sich bei der Darstellung des Chlorkaliums aus dem Carnallit das Rubidium und Cäsium in dem sogenannten künstlichen Carnallit an, so dass selbst eine Darstellung dieser Elemente aus Carnallit lohnend wird.

In dem künstlichen Carnallit, wovon ich eine Probe Herrn Direktor Kubierschky verdanke, konnte das Rubidium leicht nachgewiesen werden, wenn aus einer gesättigten Lösung des Salzes mittelst Zinnchlorid das Kalium- und Rubidiumzinndoppelsalz ausgefällt wurde. Dieses Doppelsalz zeigte in der Gebläseflamme die Rubidium- und Kaliumlinien sehr deutlich. Nach mehrmaligem Auflösen in wenig Wasser und Ausfällen mit concentrierter Salzsäure konnte das Salz fast kaliumfrei erhalten werden.

Der Grund, dass die Rubidiumlinien, die sich in der Nauheimer und Kreuznacher Mutterlauge so leicht offenbaren, im Carnallit erst nach mehreren Vorarbeiten erkennbar sind, ist jedenfalls dem ausserordentlich hellen

[1]) Pogg. Ann. Bd. 110 p. 173.
[2]) Dr. Pfeiffer, Handbuch der Kali-Industrie p. 20 u. 79.
[3]) Chem. Ztg. XVI. p. 335.

Auftreten des continuierlichen Kaliumspectrums zuzuschreiben.

Der wachsgelbe Tachydrit aus Stassfurt, ein Bestandteil der Abraumsalze, zeigte bei der Untersuchung in der Gebläseflamme eine ganz hervorragende Strontiumreaktion, wovon ich weder in Rammelsberg's Mineralchemie, noch in anderen Werken etwas erwähnt fand. Nach der sehr bedeutenden Helligkeit der Linien, die schon in der Bunsenflamme kenntlich werden, zu urteilen, scheint der Strontiumgehalt im Tachydrit nicht unbeträchtlich zu sein.

Durch zahlreiche Untersuchungen in der Gebläseflamme konnte ich einen Gehalt an Lithium in fast allen Mineralien und Gesteinen nachweisen. Die rote Lithiumlinie tritt, der Menge des vorhandenen Lithiums entsprechend, mit ausserordentlich wechselnder Deutlichkeit auf, so dass man in der Lage ist, aus der Helligkeit der Linie auf einen grösseren oder geringeren Lithiumgehalt zu schliessen.

So zeigten Beispielsweise verschiedene Glasarten immer die Lithiumlinie neben den gleichzeitig auftretenden Linien des Natriums und Kaliums.

Gewöhnlicher Feuerstein, Schiefer, Porzellan, Thon u. s. w. gaben, in die Gebläseflamme gebracht, alle die rote Lithiumlinie.

Bei den untersuchten Feldspäthen war der Lithiumgehalt meist nur gering. Nur die Karlsbader und Bavenoer Feldspäthe zeigten sich stärker lithiumhaltig. Der Kaliumgehalt offenbarte sich in den Feldspäthen sofort.

Im folgenden habe ich das Auftreten der Lithiumlinie nicht immer erwähnt, obwohl diese fast ausnahmslos beobachtet wurde.

Labradorit zeigte die Calciumbanden erst nach dem Schmelzen und dem Befeuchten mit Salzsäure deutlich.

Natrolith aus Böhmen enthielt neben Natrium Spuren von Kalium.

Wollastonit und Scolezit (Kalkmesotyp) von Island zeigten erst nach dem Schmelzen und dem Befeuchten mit Salzsäure das Calciumspectrum.

Apatit gab die Calciumbanden beim blossen Glühen; ebenso verhielt sich Flussspath.

Im Cyanit war Lithium, Kalium und Calcium leicht zu erkennen.

Augit aus Böhmen zeigte Kalium deutlich; nach dem Schmelzen und Befeuchten mit Salzsäure traten auch die Calciumbanden auf.

Asbest aus Zöblitz gab nach dem Befeuchten mit Salzsäure die Calciumbanden.

Turmaline zeigten beim blossen Glühen sofort das Borsäurespectrum sehr glänzend. Ich untersuchte fünf Turmaline, darunter einen fleischfarbenen von Rozena, der sich als sehr stark lithiumhaltig erwies.

Der Lithiumgehalt in den farblosen Turmalinen von Elba wurde an der äusserst hell auftretenden roten und gelben Linie erkannt.

Auch die anderen untersuchten Turmaline zeigten sich ausnahmslos lithiumhaltig.

Es sind also, wie aus den Untersuchungen hervorgeht, Glimmer, Turmalin und Psilomelan diejenigen Mineralien, in denen Lithium am verbreitetsten vorkommt.

Axinit von Burg und Treseburg gab wie Turmalin das Borsäurespectrum sehr deutlich.

Salit aus dem Fichtelgebirge, Diopsid aus dem Zillerthal, Hornblende von Schmiedeberg und Aktinolit aus dem Zillerthal zeigten alle nach dem Schmelzen

und Beteuchten mit Salzsäure das Calciumspectrum; ausserdem gaben diese Mineralien die Kalium und Lithiumlinie.

Der gelbe Vesuvian von Monzoni zeigte ein deutliches Borsäurespectrum. In der von Rammelsberg veröffentlichten Analyse dieses Minerals[1]) fand ich davon nichts erwähnt, es muss demnach angenommen werden, dass der Borsäuregehalt nur gering ist[2]). Zwei andere Vorkommnisse von Vesuvian, der von Eger (sog. Egeran) und der von Zermatt gaben das Borsäurespectrum nicht.

Das Calciumspectrum zeigte Vesuvian beim blossen Glühen.

Wolframit von Schlaggenwald und Zinnwald gab beim Einführen in die Leuchtgasssauerstoffflamme sehr deutlich eine Linie im Blau und eine schwächere im Indigo. Nachdem ich die Wellenlängen dieser Linien bestimmt hatte, fand ich, dass selbige nur dem Indium angehören konnten.

Darauf untersuchte ich noch andere Vorkommnisse von Wolframit auf Indium, fand aber nur noch in einem aus dem Ural eine annähernd gleiche Menge, wie in dem Zinnwalder und Schlaggenwalder. Mexikanische und französische Wolframite gaben die Indiumlinie nur sehr schwach oder gar nicht.

Von Zinkerzen, die ich ebenfalls auf Indium prüfte, enthielt nur die Zinkblende vom Rammelsberg bei Goslar grössere Mengen dieses Metalles, während sich andere Blenden als indiumfrei erwiesen.

[1]) Rammelsberg „Mineralchemie“ p. 602.

[2]) Von Jannasch wurde Borsäure bereits in einem Vesuvian vom Wilui aufgefunden.

Die Zinkblende vom Rammelsberg zeigte neben der Indiumlinie noch das Bleispectrum sehr deutlich.

Sämmtliche Zinkblenden, besonders die von Santander, hatten die Eigenschaft, in der Flamme sehr heftig, fast explosionsartig, zu decrepitieren. Dieser Umstand erschwert die Beobachtung im Leuchtgassauerstoffgebläse beträchtlich. Man kann sich jedoch helfen, wenn man einen Splitter des Minerals vor dem Einbringen in die Gebläseflamme vorsichtig in der Bunsenflamme erwärmt.

Kieselzinkerz und Galmei gaben in der Gebläseflamme kein Spectrum. Ebensowenig war der Galliumgehalt in einer Zinkblende von Bensberg und in anderen galliumhaltigen Blenden zu entdecken.

Es scheint sich demzufolge das Gallium in der Leuchtgassauerstoffflamme noch nicht kenntlich zu machen, und erst die bedeutend höhere Temperatur des elektrischen Funkens scheint zu seiner Verflüchtigung auszureichen.

Cerit, Orthit und Fergusonit, die bekannten Cer- und Lanthanmineralien, gaben in der Gebläseflamme kein Spektrum.

Bleiglanz von verschiedenen Fundorten zeigte das Bleispectrum sofort beim Einbringen in die Gebläseflamme höchst glänzend und zeichnete sich durch das helle Auftreten der scharfen blauen Linie λ 406 aus. Dasselbe Spectrum erhält man auch bei Cerussit und Gelbbleierz.

Meneghinit zeigte das Bleispectrum ebenfalls sehr deutlich; das viel schwächere Antimonspectrum wurde allerdings dadurch gänzlich verdeckt.

Bournonit gab neben der sehr auffallenden Bleireaktion die schon erwähnte charakteristische Kupferlinie λ 510; das Antimonspectrum wurde auch hier durch das Bleispectrum verdeckt.

Malachit musste erst mit Salzsäure befeuchtet werden, ehe das Kupferspectrum deutlich hervortrat

Fahlerz zeigte das Kupfer- und Bleispectrum sofort.

Silber gab weder als Metall, noch in Verbindungen, wie Chlorsilber, Cyansilber und Silbernitrat, in der Gebläseflamme ein Spectrum. Nach Untersuchungen von Mitscherlich geben Cyansilber und Cyanquecksilber in der Knallgasflamme Spectren; mir war es jedoch bei Anwendung des Leuchtgassauerstoffgebläses, trotz vielfacher Versuche nicht möglich von diesen Stoffen ein Spectrum zu erhalten.

Bei Prüfung des Uranpecherzes von Johanngeorgenstadt machte sich ausser Kupfer ein Thalliumgehalt durch die charakteristische grüne Linie λ 534,9 kenntlich. Die Spectren des Bleis, Baryums und Mangans traten im Uranpecherz ebenfalls schwach auf.

Pyrite aus Spanien und aus Röras zeigten die Thalliumlinie sofort beim Einbringen in die Gebläseflamme sehr hell: weniger thalliumhaltig war der Kies von Altenhunden in Westfalen. Der Kies von Schwelm erwies sich als fast thalliumfrei.

Die kupferhaltigen Abbrände des Rio-Tinto-Pyrites gaben die Thalliumreaktion nicht mehr: ein Beweis dafür, dass das Thallium vollständig mit dem Schwefeldioxyd bei der Schwefelsäuredarstellung verflüchtigt wird. Nach dem Befeuchten mit Salzsäure zeigten die Pyrite die grüne Eisenlinie λ 527.

Spatheisenstein gab mit Salzsäure angefeuchtet das Mangan- und das Baryumspectrum.

Grauspiessglanz zeigte ebenso wie Antimonpentasulfid und andere Antimonverbindungen das allerdings wenig charakteristische Spectrum des Antimons, dessen Banden gleich denen des Bleis nach der roten

Seite des Spectrums abschattiert sind (vergl. Tafel II No. 8). Metallisches Antimon gab dasselbe Spectrum aber schwächer.

Die untersuchten Mineralien stammen zum grössten Teile aus der Sammlung der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg. Eine nicht unbedeutende Anzahl verdanke ich Herrn Professor Dr. Rüdorff, Herrn Professor Dr. Witt und Herrn Geheimrat Professor Dr. Klein. Es mag mir an dieser Stelle gestattet sein diesen Herren, sowie Herrn Professor Dr. Vogel und Herrn Professor Dr. Hirschwald, die mir in der bereitwilligsten Weise entgegen kamen, meinen Dank auszusprechen.

Zusammenfassende Schlussbetrachtungen.

Aus den angeführten Untersuchungen geht hervor, dass die Prüfung von Mineralien auf spectralanalytischem Wege unter Anwendung des Leuchtgassauerstoffgebläses beachtenswerte Vorteile bietet; da man ohne aufzuschliessen und ohne aufzulösen die Stoffe sofort durch einen Blick in den Spectralapparat erkennt und minimale Mengen von Elementen, wie Indium, Cäsium, Rubidium, Lithium und Thallium entdeckt, die sich ohne Vorarbeiten in der Bunsenflamme nicht verraten.

Weiter hat sich bei meinen Arbeiten herausgestellt, dass Lithium, wenigstens in geringer Menge, eine viel weitere Verbreitung in der Natur hat, als man bisher annahm. Zeigte sich doch die Lithiumlinie mehr oder weniger hell fast in allen untersuchten Mineralien und Gesteinen.

Praktisch konnte die Methode bereits zur Feststellung des bisher rätselhaft gebliebenen Ursprungs des Lithiumgehaltes in den Salzbrunner Mineralwässern angewendet werden [1]).

Um die charakteristischen Merkmale der in der Gebläseflamme erhaltenen Spectren noch einmal zusammenzufassen, sei darauf hingewiesen, dass die Linien und Banden im stärker gebrochenen Teil des Spectrums sich durch ausserordentliche Leuchtkraft auszeichnen und infolgedessen gerade die in der Bunsenflamme schwer sichtbaren blauen und violetten Linien für die Erkennung der Elemente Bedeutung gewinnen.

Dieses hervorragende Auftreten der erwähnten Linien bei Anwendung der Gebläseflamme ist ein Beweis für den eingangs angeführten Satz, dass bei Zunahme der Temperatur die Linien im stärker gebrochenen Teil des Spectrums an Leuchtkraft gewinnen.

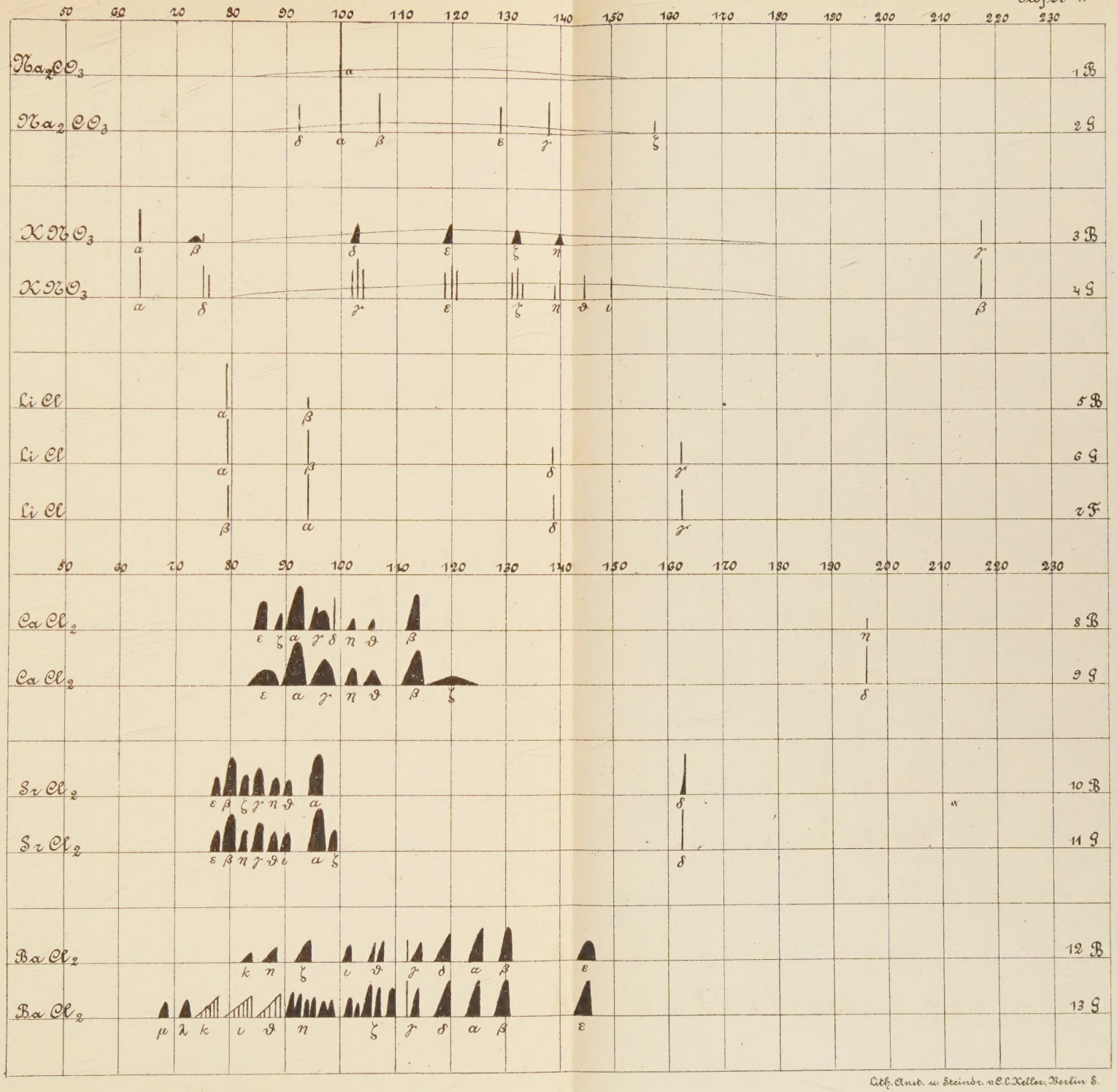
Wegen der leichten Ausführbarkeit und der unübertroffenen Schärfe scheint diese Untersuchungsmethode besonders geeignet, um in möglichst kurzer Zeit einen Aufschluss über die chemische Natur eines Minerals zu erhalten.

Die vorliegende Arbeit wurde im Spectralanalytischen Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin ausgeführt.

---

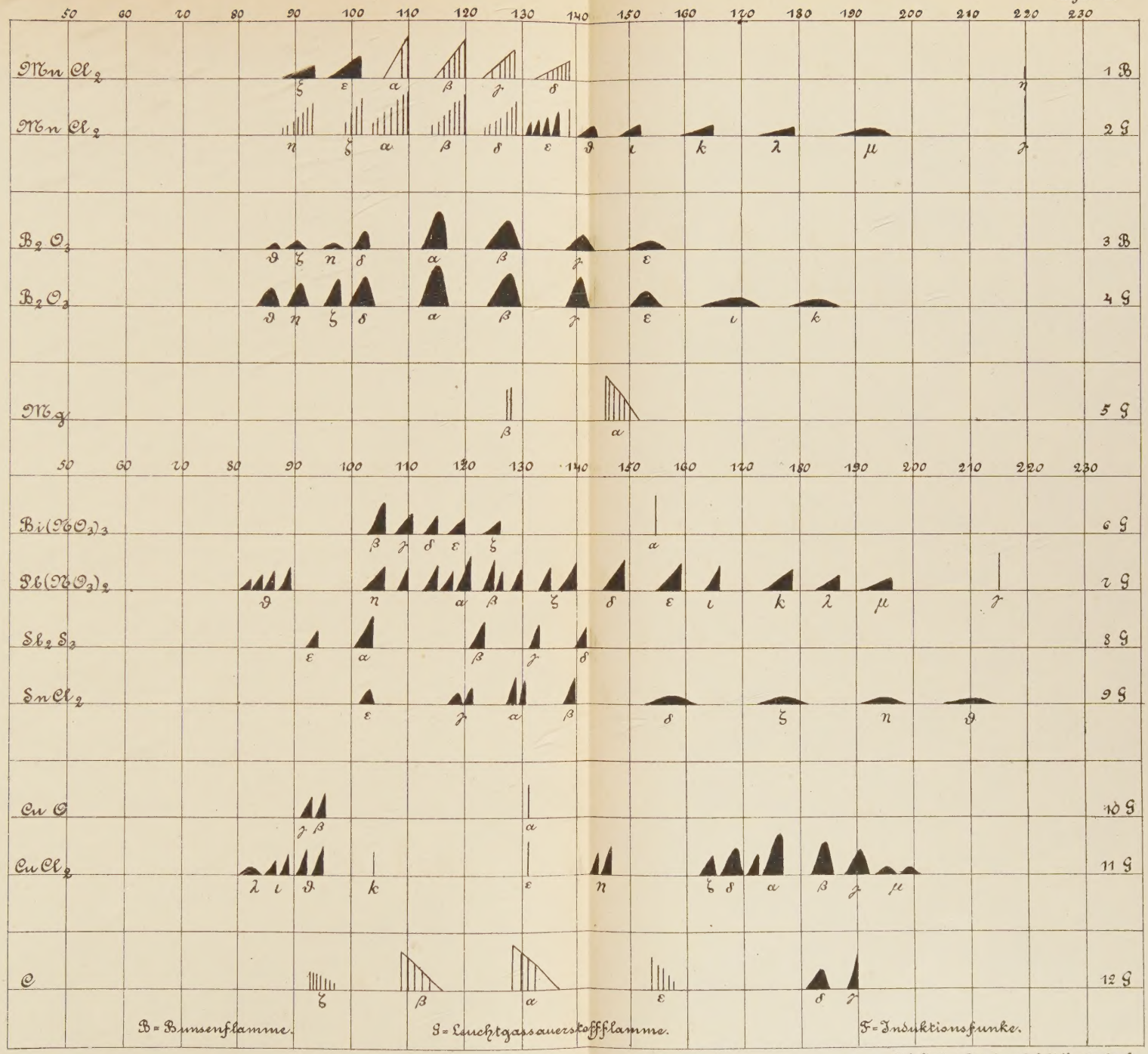
[1]) Dr. Dathe „Geologische Beschreibung der Umgebung von Salzbrunn".

Druck von G. Zahn & H. Baendel, Kirchhain N.-L.



Lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

Spektra von Metallen und Metallverbindungen in der Bunsenflamme und im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse.



Lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin, S.

Spektra von Metallen und Metallverbindungen in der Bunsenflamme und im Leuchtgassauerstoffgebläse.